



Peningkatan Kapasitas Mitigasi Bencana Tsunami Melalui Program Perawatan Terumbu Karang Buatan di Desa Kunjir, Kabupaten Lampung Selatan

Anma Hari Kusuma^{1*}, Amril Ma'ruf Siregar², Nur Arifaini², Ika Kustiani²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

*E-mail: anma.hari@fp.unila.ac.id

Perkembangan Artikel:

Disubmit :18 September 2024

Diperbaiki: 25 September 2024

Diterima: 30 September 2024

Kata Kunci:

Bencana, Tsunami, Mitigasi,
Terumbu Karang

Abstrak: Indonesia merupakan salah satu negara dengan posisi tempat bertemunya tiga lempeng tektonik dunia sehingga sebagai tempat berkumpulnya berbagai macam bencana. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam, non-alam dan kelalaian manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Tsunami adalah salah satu jenis dari bencana tersebut. Tsunami adalah gelombang laut besar yang ditimbulkan oleh gempa bumi di dasar laut karena adanya subduksi lempeng, pergerakan patahan, letusan gunung berapi dasar laut. Desa Kunjir adalah salah satu desa yang ada di Kabupaten Lampung Selatan yang terkena dampak bencana tsunami. Meskipun Desa Kunjir memiliki potensi yang besar terhadap bencana tsunami tetapi rencana mitigasi terhadap ancaman bencana tsunami yang dimiliki oleh masyarakat desa masih sangatlah minim. Mitigasi dapat berupa pembuatan terumbu karang buatan. Kegiatan ini dilaksanakan di Desa Kunjir, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pelaksanaan kegiatan transplantasi dilakukan melalui dua tahapan yaitu tahap persiapan, pelaksanaan dan evaluasi. Berdasarkan kegiatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan kelompok mitra dalam penerapan teknologi terumbu buatan dan adanya peningkatan pengetahuan mengenai perawatan terumbu karang.

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan posisi tempat bertemunya tiga lempeng tektonik dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik (Mardiatno *et al.*, 2017). Indonesia juga menjadi negara yang berada pada wilayah *ring of fire* (lingkaran api). Karena itu negara Indonesia dikelilingi serangkaian gunung api yang aktif. *Ring of fire* tersebut disebut juga sebagai wilayah *Circum Pacific Belt*. Wilayah *Circum Pacific Belt* juga menjadi situs aktif seismik yang membentang di Samudra Pasifik. Pada wilayah ini terdapat beberapa pertemuan dari beberapa lempeng tektonik. Kondisi ini mengakibatkan Indonesia sebagai tempat berkumpulnya berbagai macam bencana (Horspool *et al.*, 2014). Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana mengatakan bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam, non-alam dan kelalaian manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Tsunami adalah salah satu jenis dari bencana tersebut. Tsunami adalah gelombang laut besar yang ditimbulkan oleh gempa bumi di dasar laut karena adanya subduksi lempeng, pergerakan patahan, letusan gunung berapi dasar laut, atau tumbukan benda luar angkasa (Santius 2015). Kondisi Indonesia yang berada di ketiga lempeng tersebut menyebabkan wilayah Indonesia memiliki tingkat kejadian gempa yang tinggi di dunia dan sangat rawan mengalami tsunami. Kecepatan gelombang tsunami yang datang (*run up*) mampu menyebabkan jatuhnya korban jiwa, rusaknya lahan, sarana prasarana wilayah, dan dataran rendah menjadi tergenang membentuk lautan baru sebaliknya kembalinya air ke laut setelah mencapai puncak gelombang (*run down*) juga bersifat merusak karena menyeret segala sesuatu kembali ke laut (Diposaptono dan Budiman, 2006).

Desa Kunjir adalah salah satu desa yang ada di Kabupaten Lampung Selatan yang terkena dampak bencana tsunami. Selain posisi Desa Kunjir yang berhadapan dengan Gunung Anak Krakatau, desa ini juga merupakan tempat bermuaranya sungai besar. Kondisi ini menyebabkan desa ini menjadi lebih rentan terhadap bencana tsunami, dikarenakan sungai tersebut berpengaruh terhadap rambatan tsunami. Meskipun Desa Kunjir memiliki potensi yang besar terhadap bencana tsunami tetapi rencana mitigasi terhadap ancaman bencana tsunami yang dimiliki oleh masyarakat desa masih sangatlah minim, hal ini dibuktikan dengan ketidaktahuan atau tidak adanya sosialisasi, sebagian besar masyarakat khususnya masyarakat yang berdomisili di kawasan pesisir tidak mengetahui bahwa daerahnya sangat berpotensi terjadi bencana tsunami, tidak adanya petunjuk atau rambu-rambu evakuasi jika terjadi bencana tsunami dan masih banyaknya bangunan yang terbangun dekat dengan kawasan pesisir atau daerah yang dianggap dalam zona rawan bencana tsunami. Kegiatan mitigasi pada tahap sebelum terjadi

bencana sering dilupakan, padahal justru kegiatan pada tahap ini sangat penting karena apa yang sudah dipersiapkan pada tahap ini merupakan modal dalam menghadapi bencana dan pasca bencana. Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Daud *et.al.*, 2020). Mitigasi dapat dilakukan dalam bentuk struktural dan non struktural. Mitigasi sangat penting untuk meningkatkan *self assistance* dalam menghadapi bencana. Mitigasi merupakan kegiatan yang amat penting dalam penanggulangan bencana karena untuk mengantisipasi agar korban jiwa dan kerugian materi yang ditimbulkan dapat dikurangi sehingga masyarakat juga bisa langsung untuk membantu dari segi materi maupun non materi, sehingga dapat meminimalisir dampak yang terjadi ketika mengalami suatu bencana. Keberhasilan penanganan bencana tidak akan dapat terwujud apabila masyarakat memiliki kemampuan dalam mengelola bencana secara optimal. Kegiatan peningkatan kapasitas mitigasi yang dilakukan diharapkan dapat mengurangi resiko bencana baik dari kerugian dan kerusakan harta benda, jatuhnya korban jiwa dan dampak psikologis masyarakat Desa Kunjir dalam mengatasi bencana tsunami di masa yang akan datang. Mitigasi struktural dapat berupa pembuatan terumbu karang buatan. Terumbu karang buatan merupakan struktur bangunan buatan manusia atau alami yang ditempatkan di dasar perairan menyerupai terumbu karang yang berfungsi memperbaiki ekosistem terumbu karang, menciptakan habitat baru dan meningkatkan biomassa ikan karang. Terumbu karang buatan dari segi mitigasi bencana berfungsi sebagai penahan gelombang *run up* yang datang. Terumbu karang buatan dapat menjadi pertahanan pertama dari terjangan dan mengurangi energi gelombang yang datang dan dari arah laut sehingga mampu menurunkan dampak tsunami. Terumbu buatan menjadi pilihan pertahanan yang lebih murah untuk melindungi daerah pantai dari gelombang dan tsunami karena biaya pembuatan dan pemeliharaan yang sangat murah dan ekonomis.

Metode

Waktu dan Lokasi

Kegiatan ini dilaksanakan di Desa Kunjir, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tanggal 16 Agustus 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi, alat selam dasar, tabung, VCB, tali tambang, perahu, pelampung, scop, arco, martil, keranjang, sterofoam, hand globe. Adapun bahan yang digunakan yaitu, pasir, semen, kawat pengikat, besi 6, pipa PVC, papan, paku, kabel ties serta bibit karang jenis *Acropora* sp.



Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan transplantasi dilakukan melalui dua tahapan yaitu tahap persiapan, pelaksanaan dan evaluasi.

Tahap persiapan

Tahap persiapan mencakup kesiapan tim pelaksana terkait kegiatan yang akan dilaksanakan. Dalam tahap ini koordinasi dilakukan secara intensif dengan tim dan masyarakat kelompok di lokasi kegiatan terkait metode dan teknis pelaksanaan. Selanjutnya, seluruh alat dan bahan yang digunakan dipersiapkan dan di bawah ke lokasi satu hari sebelum pelaksanaan kegiatan kecuali peralatan pribadi lainnya seperti alat selam. Lebih khusus untuk bibit karang, agar tidak mengalami stres dan mati maka di letakkan dalam air menggunakan keranjang hingga dilakukan penanaman.

Tahap pelaksanaan

Tahap pelaksanaan mencakup, edukasi peserta terkait terumbu buatan, pembuatan media, cara pengambilan bibit karang, penurunan media terumbu buatan, pengikatan bibit karang dan pemantauan. Penyajian data kuantitatif yang didapatkan dalam kegiatan ini disajikan dalam bentuk gambar dan disertai dengan deskripsi.

Tahap Evaluasi

Seluruh permasalahan yang dihadapi selama kegiatan berlangsung dievaluasi untuk perbaikan serta keberlanjutan program. Teknologi ini memiliki desain dan langkah kerja yang cukup sederhana namun memperoleh manfaat yang optimal.

Hasil dan Pembahasan

Peristiwa Tsunami Selat Sunda yang terjadi pada Desember 2018 telah menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan meluluhlantakkan pesisir Lampung dan Provinsi Banten. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh BNPB pada tanggal 14 Januari 2019, sedikitnya 437 korban meninggal dunia, 31.943 korban luka - luka, serta 10 orang dinyatakan hilang akibat peristiwa tersebut. Terdapat 3 (tiga) Kabupaten di Provinsi Lampung yang terkena dampak Tsunami. Kabupaten Lampung selatan dengan jumlah korban meninggal dunia sebanyak 118 orang, 11.810 luka - luka, 7 hilang dan sekitar 6.999 orang mengungsi. Sementara itu, Kabupaten Pesawaran terdapat jumlah 1 orang meninggal dunia, 23 luka, dan di Kabupaten Tanggamus terdapat 1 orang korban meninggal dunia, 92 orang luka - luka (BPS 2023).

Tsunami adalah gelombang laut yang sangat besar disebabkan oleh gempa bumi, letusan gunung api dan longsoran di dasar laut (Diposaptono dan Budiman 2006). Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi dimana pusat gempa bumi terjadi di laut,

gempa bumi memiliki magnitud yang besar, kedalaman gempa bumi dangkal, dan terjadi deformasi vertikal pada dasar laut. Saat gelombang tsunami mencapai perairan dangkal kecepatan tsunami akan menurun, namun tinggi gelombang akan meningkat hingga mencapai puluhan meter dan bersifat merusak. Faktor yang mempengaruhi bahaya dari bencana tsunami adalah tinggi elevasi daratan, kemiringan lahan, jenis penggunaan lahan, jarak lokasi dari garis pantai, jarak dari sungai dan tinggi *run up* (Mardyaranto *et. al.*, 2013). Tahapan peristiwa tsunami dapat diuraikan dalam empat kondisi yaitu kondisi awal, pemisahan gelombang, amplifikasi, dan rayapan (BMKG 2018).

- Kondisi awal dimana terjadi saat gempa bumi biasanya berhubungan dengan guncangan permukaan yang terjadi sebagai akibat perambatan gelombang elastik melewati batuan dasar ke permukaan tanah.
- Pemisahan gelombang dimana setelah beberapa menit kejadian gempa bumi, gelombang pada saat kondisi awal akan terpisah menjadi tsunami yang merambat ke samudera dan sebagian lagi merambat ke pantai.
- Amplifikasi dimana pada waktu tsunami merambat mendekati garis pantai akan terjadi peningkatan amplitudo gelombang dan penurunan panjang gelombang. Setelah mendekati daratan dengan lereng yang lebih tegak maka akan terjadi rayapan gelombang yang dijelaskan pada kondisi rayapan.
- Rayapan dimana pada saat gelombang tsunami merambat mendekati garis pantai maka akan terjadi rayapan tsunami.



Gambar 1. Survei, perijinan dan koordinasi dengan kepala desa dan masyarakat Desa Kunjir

Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Daud *et.al.*, 2020). Mitigasi dapat dilakukan dalam bentuk struktural (fisik), non struktural (perencanaan penggunaan lahan) dan

pendidikan (kampanye kesadaran masyarakat) yang dilaksanakan untuk meminimalkan dampak merugikan dari kejadian-kejadian bahaya alam yang potensial timbul. Pencegahan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan atau mengurangi ancaman bencana. Ada ancaman-ancaman yang bisa dihilangkan sehingga bencana bisa dicegah. Upaya menghilangkan ancaman disebut upaya pencegahan. Ada ancaman-ancaman yang tidak bisa dihilangkan dan hanya bisa dikurangi kekuatan dan daya rusaknya sehingga dampak bencana dapat dikurangi. Upaya mengurangi ancaman disebut sebagai upaya mitigasi. Pencegahan dapat mengurangi resiko hingga nol atau tidak ada bencana sama sekali. Sementara itu, mitigasi dapat mengurangi resiko secara signifikan karena kekuatan dan daya rusak ancaman berkurang. Baik pencegahan maupun mitigasi dapat mengurangi resiko bencana. Pendekatan Mitigasi Pendekatan mitigasi dapat dilakukan melalui:

- Pendekatan Teknis

Pendekatan teknis untuk mengurangi bencana dilakukan melalui:

- Membuat rancangan atau desain yang kokoh dari bangunan sehingga aman terhadap bencana
- Membuat material yang tahan terhadap bencana
- Membuat rancangan teknis pengamanan

- Pendekatan Manusia

Pendekatan manusia dilakukan untuk membentuk manusia paham dan sadar tentang bahaya bencana. Perilaku dan cara hidup manusia harus dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan potensi bencana

- Pendekatan Administratif

- Pendekatan administratif untuk mengurangi bencana dilakukan melalui penyusunan tata ruang dan tata guna lahan yang memperhitungkan aspek resiko bencana
- Sistem perijinan dengan memasukkan aspek analisa resiko bencana
- Mengembangkan program pembinaan dan pelatihan bencana di seluruh tingkat masyarakat dan lembaga pendidikan
- Menyiapkan prosedur tanggap darurat dan organisasi tanggap darurat di setiap organisasi

- Pendekatan Kultural

Pendekatan kultural untuk mengurangi bencana dilakukan melalui cara mengubah paradigma bahwa bencana adalah takdir sehingga harus diterima apa adanya menjadi bencana bisa dihilangkan atau dikurangi dampaknya dengan meningkatkan kapasitas, mengurangi kerentanan dan mengurangi resiko bencana dan mengembangkan budaya dan tradisi lokal untuk membangun kesadaran akan bencana.

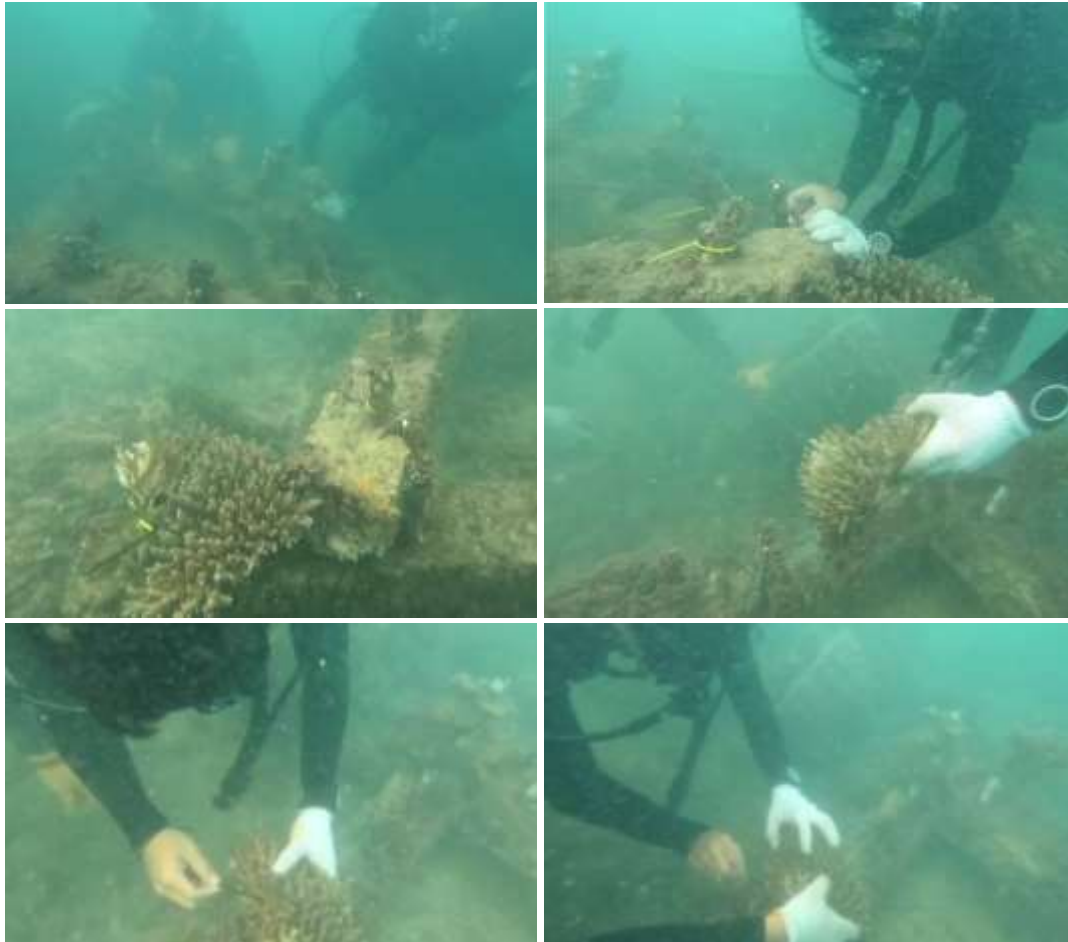


Gambar 2. Persiapan kegiatan penanaman terumbu karang bersama masyarakat Desa Kunjir

Upaya atau kegiatan dalam rangka pencegahan dan mitigasi yang dilakukan, bertujuan untuk menghindari terjadinya bencana serta mengurangi resiko yang ditimbulkan oleh bencana. Tindakan mitigasi dilihat dari sifatnya dapat digolongkan menjadi dua yaitu mitigasi pasif dan mitigasi aktif. Mitigasi bencana merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dampak suatu bencana sebelum bencana terjadi. Kegiatan mitigasi dilakukan untuk memperkecil risiko dan mengurangi korban jiwa akibat adanya bencana. Mitigasi dibagi menjadi dua, yaitu mitigasi struktural dan mitigasi non struktural. Mitigasi struktural adalah upaya yang dilakukan dengan melakukan pembangunan fisik, seperti membuat kanal, penyediaan alat pendeteksi bencana, bangunan tahan gempa. Mitigasi struktural dibagi menjadi dua, yaitu upaya yang dilakukan secara alami dan buatan. Mitigasi struktural alami yaitu seperti vegetasi pantai, sedangkan mitigasi struktural buatan yaitu dilakukan dengan membangun pemecah ombak ataupun membuat tanggul. Sedangkan mitigasi non struktural yaitu upaya-upaya yang dilakukan dengan melakukan upaya non teknis. Upaya mitigasi non struktural dapat dilakukan dengan pembuatan kebijakan, memberikan pengetahuan dan sikap serta perilaku bagi masyarakat.

Salah satu mitigasi struktural adalah terumbu karang buatan. Terumbu buatan merupakan struktur bangunan buatan manusia atau alami yang ditempatkan di dasar perairan menyerupai terumbu karang alami yang berfungsi menciptakan habitat baru, meningkatkan biomassa ikan, melindungi habitat dan konservasi, memperbaiki kualitas perairan, sebagai substrat untuk komoditi ekspor dan sebagai objek wisata dan pendidikan. Terumbu karang buatan memiliki beragam bentuk dan struktur yang memiliki fungsi yang berbeda. Penempatan terumbu buatan di dasar perairan berguna bagi organisme karang karena merupakan substrat buatan yang keras dan dirancang

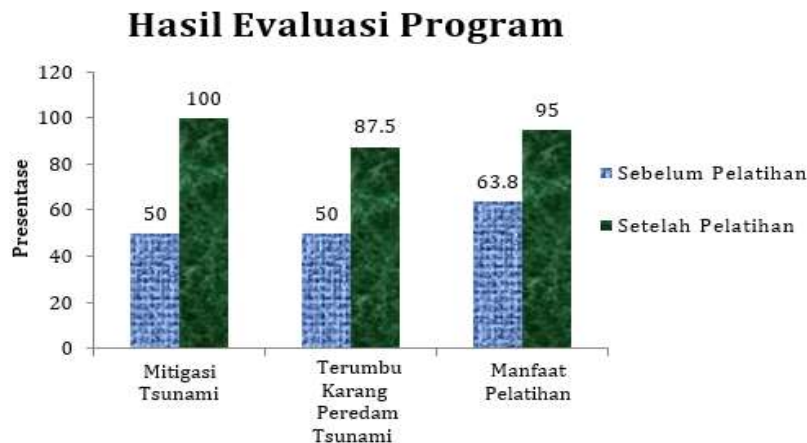
untuk memungkinkan terbentuknya habitat baru, serta memberi ruang baru bagi organisme karang untuk hidup dan membentuk koloni. Dalam siklus hidupnya, larva karang akan terbawa arus di kolom air dan pada akhirnya memilih substrat yang keras untuk melekat (*settle-down*).



Gambar 3. Kegiatan penyulaman terumbu karang bersama masyarakat Desa Kunjir

Penyuluhan tentang mitigasi bencana tsunami berbasis terumbu karang buatan bertujuan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat khususnya masyarakat tentang pentingnya melestarikan terumbu karang untuk meminimalisir dampak bencana tsunami di wilayah pesisir. Pada saat pelaksanaan kegiatan, antusiasme masyarakat sasaran sangat tinggi, hal ini dapat dilihat dari banyaknya pertanyaan yang diajukan peserta yang terkait dengan materi yang disampaikan tim pelaksana pada saat diskusi. Kegiatan pengabdian seperti ini sangat penting artinya bagi masyarakat sasaran kerana melalui kegiatan ini mereka dapat memahami akan pentingnya menjaga sumberdaya alam yang ada dilingkungan mereka seperti hutan mangrove. Masyarakat juga disadarkan tentang apa dan bagaimana dapat terjadi, sehingga mereka tidak percaya begitu saja jika ada berita tentang ramalan tsunami akan terjadi diwilayah mereka.

Selanjutnya diharapkan kepada masyarakat yang hadir dalam penyuluhan tersebut dapat menyebarkan kepada masyarakat lainnya tentang pentingnya menjaga kelestarian terumbu karang dan tentang bagaimana gelombang tsunami terjadi.



Gambar 4. Hasil evaluasi peserta sebelum dan setelah pelaksanaan pelatihan

Pelaksanaan perawatan dan penyulaman terumbu karang dilakukan dengan tujuan untuk melihat perkembangan dari karang. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk mengambil tindakan secara langsung jika terjadi masalah pada modul transplantasi seperti adanya sampah yang menutupi karang, adanya karang yang mati. Penyulaman dilakukan berdasarkan hasil monitoring. Jika terdapat pisces karang yang mati maka dilakukan penyulaman. Kedua tahapan ini bertujuan untuk menjaga agar kelangsungan hidup dari karang agar tetap tumbuh dan berkembang dengan baik serta dalam rangka memberikan pemahaman kepada peserta terkait hal-hal yang perlu untuk dimonitoring dan tata cara penyulaman karang yang mati pada media.

Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan kelompok mitra dalam penerapan teknologi terumbu buatan yang ditujukan dari hasil kuisisioner saat pelatihan dan adanya peningkatan pengetahuan mengenai perawatan terumbu karang serta terciptanya kemitraan dan kerja sama yang efektif antara Peruruan Tinggi dengan kelompok masyarakat di Desa Kunjir, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Kegiatan Pengabdian Masyarakat ini mampu meningkatkan pemahaman, pengetahuan dan memotivasi masyarakat di Desa Kunjir dalam melakukan perawatan dan penyulaman terumbu karang. Program ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut hingga Desa



Kunjir. Saran yang dapat dilakukan terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah perlu adanya pendampingan lanjutan mengenai pemantauan, evaluasi dan tata kelola Lembaga.

Pengakuan/Acknowledgements

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Lampung yang telah mendanai pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini sehingga terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2018. *Katalog Tsunami Indonesia Tahun 2016-2017*. Jakarta: BMKG
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2018, diakses melalui <https://bnpb.go.id/>, dilihat tanggal 27 Februari 2019.
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana .2007 *Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Jakarta: DKI Jakarta
- Berryman, K. 2006. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. New Zealand: Institute of Geological and Nuclear Science
- Bollin, C., Cardenas, C., Hahn, H., Vatsa. 2003. *Disaster Risk Management by Communities and Local Government*. Inter-America Development Bank. New York: USA
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. *Kabupaten Lampung Selatan dalam Angka*. Jakarta: BPS
- Brooks N. 2003. *Vulnerability, risk, and adaptation: A conceptual framework*. Working Paper 38. Norwich: Tyndall Center for Climate Research.
- Daud, F., Adnan, Bahri, A. dan Arifin, A.N. 2020. *Mitigasi Bencana*. Makassar: Global Research and Consulting Institute
- Desmonda N, dan Adjie P. 2014. Penentuan zona kerentanan gempa bumi tektonik Di Kabupaten Malang Wilayah Selatan. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(2): 107-112
- Diposaptono S dan Budiman. 2006. *Tsunami*. Jawa Barat :Bogor
- Horspool N, Pranantyo I, Griffin J, Latief H, Natawidjaja DH, Kongko W, Cipta A, Bustaman B, Anugrah SD, Thio HK. 2014. A probabilistic tsunami hazard assessment for Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 14:3105–3122.
- Mardiyanto B, Rochaddi B dan Helmi M. 2013. Kajian kerentanan tsunami menggunakan metode Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal of Marine Research*. 2(1):103 – 111
- Mardiyatno D, Malawani MN, Annisa DN, Wacano D. 2017. Review on Tsunami Risk Reduction in Indonesia Based on Coastal and Settlement Typology. *Indonesian Journal of Geography*. 49(2):186-197.
- Prahasta, E. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Informatika
- Santius SH. 2015. Pemodelan tingkat risiko bencana tsunami pada permukiman di Kota Bengkulu menggunakan sistem informasi geografis. *Jurnal Permukiman*. 10(2):92-105